

L'EVOLUZIONE DELLA MATERIA E DEI MONDI

Conferenza tenuta il 30 aprile 1911

nel grande anfiteatro del "Museum National d'Histoire Naturelle," in Parigi

dal prof. JEAN BECQUEREL

Fra i problemi che hanno tentato lo spirito umano, pochi sono quelli che hanno suscitato tanti sforzi, quanti quello della trasmutazione della materia. Poter trasformare gli elementi e soprattutto fabbricare dell'oro – tale è stato il sogno di molti filosofi e la speranza degli alchimisti.

Alla fine del secolo XVIII, le scoperte di Lavoisier hanno stabilito il principio della conservazione della massa nelle reazioni chimiche, e mostrato la stabilità dei corpi semplici o *elementi*. Lo sviluppo della chimica, nel corso del secolo passato, ha sempre più confermato l'idea che gli atomi degli elementi hanno un'individualità propria e sono indistruttibili. La produzione d'un elemento partendo da un altro elemento, fu considerata allora come un'utopia.

Ma una mirabile scoperta, quella della radioattività, è venuta a sconvolgere le idee che sembravano più sicure, e a dare un colpo mortale al dogma dell'invariabilità dell'atomo chimico.

La radioattività.

Il 1° marzo 1896, Enrico Becquerel scopriva che i sali d'uranio e l'uranio metallico emettono *spontaneamente* dei raggi che, dopo aver attraversato un foglio di carta nera o una sottile lamina di alluminio, impressionano una lastra fotografica, e provocano nell'aria la scarica dei corpi elettrizzati.

Due anni dopo, mentre si compivano nel nostro laboratorio del *Muséum* alcuni importanti esperimenti sulle proprietà e sulla natura delle nuove radiazioni, i coniugi Curie scoprivano che il torio e i suoi sali, come pure parecchi minerali, presentavano lo stesso fenomeno, a cui essi diedero il nome di *radioattività*. Voi sapete che, nel corso dei loro magnifici esperimenti, i Curie hanno ottenuto due nuovi corpi, il *polonio* e il *radio*; quest'ultimo è due milioni di volte più attivo dell'uranio. In quello stesso torno di tempo, il Debierne scopriva un altro corpo, a cui dava il nome di *attinio*.

Le meravigliose proprietà del *radio* sono ormai note a tutti: certi volgarizzatori, che

non seppero frenare il loro entusiasmo, non si sono peritati di assicurare che questo corpo fornirebbe il mezzo per guarire tutte le malattie, e che sarebbe stata la pietra filosofale capace di trasmutare i metalli.

Senza sostenere una tesi tanto esagerata, io mi propongo di esporvi come i fisici sono stati tratti a convincersi che gli atomi radioattivi subiscono un'evoluzione, e a credere alla probabilità d'una lenta evoluzione di tutta la materia.

L'irradiazione dei corpi radioattivi è composta da tre specie di raggi:

1° I raggi α , che sono delle particelle cariche d'elettricità positiva, animate d'una velocità fra i 15 mila e i 23 mila chilometri per secondo. Vedremo tosto che queste particelle sono degli atomi d'*helium*.

2° I raggi β , che sono formati da *elettroni negativi*. Sono corpuscoli, caricati negativamente, la cui massa è 1700 volte più piccola di quella del più leggero degli atomi materiali. Si muovono con una velocità vicina a quella della luce (300 mila chilometri per secondo). Le scoperte moderne hanno assodato che l'elettrone-negativo è un costituente universale della materia.

3° I raggi γ , che pare abbiano la stessa natura dei raggi X.

L'helium.

Tutti conoscono la scomposizione della luce bianca per mezzo del prisma: nello spettro si succedono i colori dell'arcobaleno. Se si analizza con uno spettroscopio la luce prodotta da un vapore incandescente, o da un gas rarefatto illuminato da scariche elettriche, si vedono nello spettro delle strie luminose staccate l'una dall'altra. Queste *strie d'emissione* possono trasformarsi in *strie d'assorbimento oscure*, quando il vapore è traversato da un fascio di luce intensa: le strie nere indicano i colori assorbiti dalla sostanza. Lo spettro d'emissione o d'assorbimento d'un corpo rivela con certezza la presenza di quel corpo.

E' così che l'*analisi spettrale* ha dato il modo di riconoscere di quali corpi siano formati gli astri e in particolare il sole. Sir Norman Lockyer,

avendo rilevato nello spettro solare delle strie sconosciute, le attribuì a un elemento a cui diede il nome di *helium*.

Nel 1894, il prof. William Ramsay osservò le strie dell'*helium* nello spettro dei gas sviluppati dalla cleveite (minerale d'uranio). Il Ramsay riuscì a isolare il nuovo corpo: si tratta d'un gas molto leggero; la sua densità è appena doppia di quella dell'idrogeno; si trova nell'aria nella proporzione di $\frac{1}{245}$ 000.

Dopo la scoperta della radioattività, non si tardò a riconoscere che l'*helium* si trova sempre nei minerali radioattivi. Rutherford ebbe l'intuizione che esso dovesse provenire da una trasformazione di tali corpi. Gli importanti esperimenti di questo scienziato hanno confermato le sue idee; egli ha provato in varie maniere che le particelle α del radio non sono altro che degli atomi di *helium*. Se, per esempio, dei raggi α sono fatti penetrare entro un vaso assolutamente vuoto, si constata poi la presenza dell'*helium*.

Rutherford ha scoperto (1900) che dal torio si sviluppa continuamente un gas radioattivo; il radio e l'attinio possiedono la stessa proprietà. Questi gas si chiamano *emanazioni*.

Ramsay e Soddy, poi altri fisici, hanno osservato la produzione di *helium* in presenza dell'emanazione di radio. Se si chiude questa emanazione entro un tubo vuoto, in capo ad alcuni giorni si vede apparire lo spettro dell'*helium*.

E' dimostrato oggi che tutti i corpi che emettono dei raggi α , producono dell'*helium*; ogni particella α è un atomo caricato positivamente per la perdita di due elettroni negativi. Si tratta d'un *ione* di *helium*.

L'helium ci si presenta dunque come un elemento primordiale il cui atomo serve a edificare degli atomi più complessi. Ecco un fatto capitale.

L'evoluzione radioattiva.

Lo studio della « disattivazione » dei corpi radioattivi ha condotto Rutherford a formulare la sua ammirevole teoria dell'evoluzione radioattiva. Ogni corpo radioattivo dotato di peso atomico elevato — uranio, torio, attinio — dà origine a una famiglia di elementi più o meno effimeri, per i quali la durata media della vita dell'atomo può variare da alcuni secoli ad alcuni secondi. La vita media dell'atomo di radio è di 2900 anni, quella d'un atomo dell'emanazione d'attinio è soltanto di cinque secondi e mezzo.

In quest'evoluzione, ciascun corpo genera il seguente emettendo un'irradiazione; se vi è emissione di *helium* sotto forma di raggi α , il peso atomico diminuisce del valore del peso

atomico dell'*helium* (4 unità); se i raggi sono soltanto dei raggi β , γ e γ , non vi è variazione del peso atomico: non si modifica che il raggruppamento intra-atomico.

L'uranio è l'antenato del radio e del polonio, e in questa famiglia è probabile che, accanto all'*helium*, il prodotto finale che ci sembra stabile, sia il piombo.

E' cosa essenziale notare che le trasformazioni radioattive non sono delle decomposizioni chimiche, poichè i loro caratteri sono del tutto diversi; *nei limiti degli esperimenti finora eseguiti*, esse appariscono indipendenti dalla temperatura; mettono in giuoco un'energia colossale; a parità di volume, l'emanazione del radio è capace di liberare un'energia 2,500,000 volte maggiore di quella sviluppata dall'esplosione d'un miscuglio d'idrogeno e d'ossigeno.

Così, *i corpi radioattivi non sono corpi composti; sono degli elementi il cui atomo si trasforma.* Si tratta proprio della trasmutazione della materia.

Sir William Ramsay ha annunciato la trasmutazione del rame in altri elementi della stessa famiglia e di peso atomico minore: potassio, sodio, litio. Quest'azione sarebbe prodotta dall'energia concentrata, messa in libertà dall'emanazione del radio. Ha parlato pure della trasmutazione del silicio, del titanio, dello zinco, del piombo e del torio in carbonio. Tali risultati sarebbero d'importanza capitale, ma gli esperimenti sono stati fatti segno ad alcune critiche, e quindi conviene mantenere un certo riserbo.

La radioattività è una proprietà generale della materia? E' naturale pensarlo, essendo accertato sperimentalmente che ogni proprietà fisica d'un elemento esiste in tutti gli altri in grado maggiore o minore.

Vari metalli hanno manifestato una debolissima radioattività, ma è difficile sapere se l'effetto è dovuto al metallo stesso o a tracce di sostanze radioattive. J. J. Thomson, Campbell, Wood sono d'avviso che la radioattività è una proprietà atomica dei metalli. A dir vero, dei risultati indiscutibili si sono ottenuti soltanto col potassio e col rubidio: i sali di questi metalli hanno un'attività proporzionale al loro contenuto in metallo, il che mostra che si tratta veramente d'una proprietà atomica. Il potassio è circa mille volte meno attivo dell'uranio.

Conviene notare che la sola irradiazione rilevata col potassio e col rubidio, è un'emissione di raggi β . Questi metalli non danno nè raggi α , nè emanazione, in modo che non si ha alcuna prova diretta della disintegrazione dell'atomo. Il solo indizio che ne possediamo, è il fatto che i minerali contenenti del potassio,

racchiudono delle quantità d'*helium* assolutamente sproporzionate con le tracce infinitesimali d'uranio e di radio che vi si trovano (Strutt). E' probabile che quest'*helium* sia dovuto alla trasformazione del potassio.

Fra le teorie proposte per spiegare la radioattività, ve n'è una, dovuta a Rutherford, che pare contenga una gran parte di verità. Gli elettroni che vibrano nell'atomo perdono necessariamente dell'energia, perchè le loro vibrazioni danno origine a un'emissione continua di onde elettromagnetiche. Quando la perdita è divenuta troppo grande, l'atomo perde la sua stabilità ed espelle una particella, poi si forma un nuovo aggruppamento più o meno stabile. E' così che si può concepire la formazione dei prodotti successivi. Gli atomi più complessi sono naturalmente quelli che hanno la maggior probabilità di essere instabili.

L'esperienza mostra che i raggi β più penetranti non appaiono che alla fine dell'evoluzione, al momento in cui nasce il corpo più stabile. E' possibile allora che l'elettrone espulso alla fine con una velocità enorme sia la causa prima di tutte le trasformazioni. Quando esso è espulso da un'esplosione violenta, l'atomo acquista una maggiore stabilità.

Fenomeni analoghi.

Convien ravvicinare alla radioattività, senza tuttavia confonderli con essa, vari fenomeni che, *senz'essere spontanei*, producono anch'essi una trasformazione della materia.

Se si aprono dei canali attraverso il catodo (polo negativo) d'un tubo di Crookes, si osservano dietro il catodo dei fasci che hanno attraversato i vari orifizi. Sono i *raggi-canali*, scoperti da Goldstein. Deviandoli, a bassissima pressione, in un campo magnetico e in un campo elettrico, il prof. J. J. Thomson ha separato i raggi-canali in due fasci. Per il primo fascio, la misura del rapporto tra la carica e la massa delle particelle rivela l'atomo d'idrogeno caricato positivamente per la perdita d'un elettrone negativo. Nel secondo fascio, il rapporto e/m ha esattamente lo stesso valore che nei raggi α dei corpi radioattivi. Tale valore corrisponde sia all'atomo di *helium* privato di due elettroni, cioè alla particella α , sia alla molecola d'idrogeno privata di un solo elettrone. Fatto notevole, *questo risultato è indipendente dal gas contenuto nel tubo*.

Così, le scariche elettriche danno origine, nei gas, forse a ioni di *helium*, e certo a ioni di idrogeno.

Un altro fenomeno è l'effetto foto-elettrico (Hallwachs, Lenard), consistente in un'emissione di elettroni (raggi β) da parte dei metalli, sotto l'azione della luce.

Quest'emissione porta con sè una trasformazione dell'atomo? E' lecito supporlo, perchè, se, nel caso dei corpi radioattivi, un elettrone può rappresentare una causa d'instabilità, negli atomi stabili, al contrario, la perdita di uno o di alcuni elettroni potrebbe provocare una disintegrazione.

Segnaliamo ancora il fatto che i corpi perdono degli elettroni quando sono riscaldati a una temperatura molto elevata.

La degradazione e l'integrazione degli elementi.

In mezzo a questi numerosi fatti, quali idee generali dobbiamo noi ritenere?

Gli atomi pesanti dei corpi radioattivi danno origine ad atomi più semplici, mentre perdono dell'energia. Le trasformazioni radioattive consistono dunque in una *degradazione degli elementi*; nel corso di questa degradazione si vedono apparire delle serie di elementi nuovi, forme di transizione della materia che cerca la stabilità.

Fatto degno di nota, *la degradazione è spontanea*; i fisici non sono ancora riusciti a rallentarla nè ad accelerarla. E' possibile per altro (ed anzi è probabile) che delle temperature molto elevate e delle pressioni colossali modifichino l'evoluzione radioattiva.

E' probabile che tutte le sostanze siano radioattive, ma che la lentezza delle trasformazioni dia l'illusione della stabilità.

Accanto all'evoluzione spontanea, le scariche elettriche permettono di realizzare una degradazione in cui appaiono i due elementi più semplici, l'idrogeno e l'*helium*.

Infine, la luce e il calore agiscono sugli atomi strappando loro degli elettroni, e forse questi effetti sono anch'essi accompagnati da una degradazione.

Le sostanze radioattive c'insegnano che la materia è un colossale serbatoio d'energia; un solo grammo di radio può fornire tanta energia quanto la combustione di 500 chilogrammi di carbone. Auguriamoci che si riesca un giorno ad accelerare la degradazione degli atomi, per disporre delle forze che essi contengono, e inversamente utilizzare l'energia per *integrare* i corpi e realizzare il sogno degli alchimisti. L'uomo che sapesse regolare le trasformazioni della materia e liberare l'energia intra-atmica, avrebbe la potenza d'un dio.

Questo problema, dinanzi al quale l'uomo resta oggi impotente, la natura lo ha risolto.

Infatti, i capostipiti, quali l'uranio e il torio, non possono essersi formati per degradazione. Ciò è sicuro per l'uranio, perchè il suo peso atomico è superiore a quello di qualunque altro elemento. Bisogna dunque concludere che esso sia stato prodotto da una

integrazione della materia. Come vedremo, questo corpo dev'essere di formazione relativamente recente, ed è possibile ch'esso si venga formando ancor oggi nell'interno del globo terrestre.

E' facile calcolare che, perchè una massa d'uranio eguale alla massa della Terra non contenga più che una tonnellata sotto forma d'uranio, occorrono circa 400 miliardi di anni. Si tratta di un tempo molto lungo, ma confrontiamolo con l'età del sistema solare.

L'età della Terra.

Se si cerca di stabilire la data della solidificazione della crosta terrestre e dell'apparizione della vita sulla Terra, si trova, in vari modi, una cifra certamente superiore a 100 milioni d'anni. Ora, si tratta d'un'epoca molto recente nella storia del nostro pianeta: se la Terra si è formata a spese della nebulosa solare, la sua esistenza, come astro indipendente, risale a un tempo verosimilmente superiore a un trilione d'anni.

Ma un trilione d'anni è ben più del tempo occorrente perchè una Terra di uranio si sia completamente trasformata. E' dunque evidente o che l'uranio attuale è nato nel nostro globo, o che esso si è trovato in condizioni fisiche tali che la sua attività è stata in misura notevole attenuata.

Lo studio del calore terrestre conduce in quest'ordine d'idee a risultati molto istruttivi.

E' noto che, nella profondità del suolo, la temperatura s'inalza di un grado per ogni 30 metri all'incirca. Questa distanza, corrispondente all'aumento di un grado, si chiama il grado geotermico.

Lord Kelvin, in un lavoro mirabile, ha calcolato che il grado geotermico attuale si spiega ammettendo che il numero di anni passati dalla solidificazione della scorza terrestre, sia di circa 100 milioni d'anni.

Noi possiamo affermare che questa cifra è troppo bassa. Infatti i minerali radioattivi (e d'altra parte essi soltanto) contengono dell'*helium*. Si può estrarre quest'*helium* occluso, dosarlo, e, siccome si conoscono le costanti radioattive dei corpi che l'hanno formato, si può calcolare quanto tempo è stato necessario per produrlo. Si trovano così, con vari minerali, delle età prossime ai 400 milioni d'anni. Il calcolo, fatto ammettendo che non si sia perduto *helium*, dà evidentemente un'età *minimum*.

La divergenza tra questo risultato e quello ottenuto da lord Kelvin, deriva dal fatto che i corpi radioattivi sviluppano del calore. E molto calore: il *radium* produce più calore di

quanto ne occorre per fondere il suo peso di ghiaccio all'ora.

Una proporzione media di $\frac{1}{10,000,000,000}$ di milligrammo per centimetro cubo basterebbe per mantenere il grado geotermico attuale, e impedire il raffreddamento della terra.

Un fatto sorprendente è questo: che la proporzione del radio nella superficie terrestre è venti volte più grande, come risulta dalle misurazioni eseguite con campioni di terre e di rocce di tutti i paesi. Se si tien conto, inoltre, dell'uranio e del torio (quest'ultimo è tanto abbondante da fornire da solo una quantità di calore due volte maggiore di quella data dalle tracce di radio), si giunge alla conclusione che la Terra dovrebbe essere attualmente soggetta a un processo di riscaldamento.

Tale risultato farebbe risalire l'origine delle epoche geologiche a un tempo inverosimilmente remoto. Perciò lo Strutt ha ammesso, per conciliare tutti i fatti, che la materia radioattiva sia confinata in un sottile strato superficiale, dello spessore di pochi chilometri.

Si perviene così all'ipotesi che, o nell'interno del globo non esiste nè uranio nè torio, o tali sostanze sono inattive nelle condizioni in cui si trovano nell'interno della Terra. Ciò significa ammettere che certi fattori fisici possono agire sull'evoluzione radioattiva.

Si può anzi andar molto più in là e ritenere, con C. E. Guillaume, che la formazione dei corpi radioattivi di peso atomico elevato si effettui sotto l'influenza di pressioni altissime. Sarebbero allora le pressioni formidabili che dominano nell'interno della Terra, quelle che permetterebbero l'integrazione degli atomi d'uranio, di torio, d'attinio, e senza dubbio di molti altri corpi.

L'energia potenziale di gravitazione, liberata nella contrazione degli astri, sarebbe allora immagazzinata negli atomi in formazione e prenderebbe la forma di energia intra-atomica.

L'helium e la sua dispersione.

Così siamo tratti a supporre che accanto all'evoluzione della materia nel senso della degradazione, esista, in condizioni fisiche diverse, un'evoluzione creatrice. E' necessario d'altronde di considerare l'evoluzione come un ciclo chiuso, poichè il fatto stesso dell'esistenza degli elementi non è compatibile con un'evoluzione che li condurrebbe eternamente verso la morte.

Comunque procedano le cose nelle profondità della Terra, una cosa è sicura: ed è che alla superficie del nostro pianeta i corpi radioattivi, e forse tutta la materia, emettono continuamente dell'*helium*. La maggior parte di quest'*helium*, contenuta nei gas che emanano dal

suolo, come pure nelle acque termali (M. Moureu), si spande nell'atmosfera. L'*helium* rimane libero, perchè è ribelle a qualunque combinazione chimica.

Una quantità di radio capace di mantenere costante il calore terrestre, fornirebbe ogni anno 30 milioni di metri cubi di *helium*.

L'*helium* si sviluppa da quando si è iniziata, sulla Terra, l'evoluzione radioattiva, cioè senza dubbio da quando si è formato il pianeta. Di quanti trilioni o quatriloni d'anni si tratta? Non sappiamo dirlo; siamo però in diritto di chieder i perchè nell'atmosfera non si trovano che delle tracce di *helium*.

La ragione è questa: l'*helium* ha abbandonato la Terra, e si è disperso negli spazi celesti. Infatti gli astri perdono a poco a poco la loro atmosfera (tanto più presto quanto più debole è l'azione della gravità alla loro superficie), e i gas più leggeri sono i primi ad andarsene. Ecco la spiegazione di questo fenomeno fondamentale.

Nei corpi solidi e liquidi, le forze che si esercitano tra le molecole mantengono queste le une presso le altre, tanto che il volume è variabile solo entro limiti molto ristretti. In un gas, invece, la coesione non è più sufficiente per limitare il volume, e le molecole cercano di spargersi in tutto lo spazio che è loro offerto; nei loro movimenti esse si urtano le une con le altre, e urtano contro le pareti dei vasi che le contengono, esercitando così una pressione su queste pareti.

L'atmosfera, come tutti sanno, è composta di un certo numero di gas diversi, trattiene dall'attrazione della Terra; la legge della mescolanza dei gas c'insegna che ciascuno di essi si comporta come se fosse solo: l'atmosfera può dunque riguardarsi come la sovrapposizione di tante atmosfere distinte quanti sono i gas dell'aria.

In ciascuna di queste atmosfere parziali, la pressione del gas, a un'altezza determinata, dipende non soltanto dalla sua pressione alla superficie del suolo, ma anche dalla sua densità. Le variazioni della pressione con l'altezza non sono dunque le stesse per i diversi gas, e ne risulta che la *composizione dell'aria varia con l'altezza*.

Ecco i risultati calcolati per l'altezza di 100 chilometri (proporzioni in volume):

Idrogeno	99.44
Helium	0.46
Azoto	0.10
Altri gas	0.00

Così, a un'altezza molto grande, non si trovano più che i due gas più leggeri, benchè alla superficie del suolo questi si trovino in proporzioni infime.

D'altra parte, le molecole dei corpi sono perpetuamente animate da un movimento d'agitazione tanto più grande quanto più alta è la temperatura. Se si potesse indurre indefinitamente la velocità di questo movimento, si otterrebbero delle temperature sempre più vicine a una temperatura limite, che è situata verso 273° sotto zero. Questa temperatura, che è evidentemente la *più bassa concepibile*, perchè corrisponderebbe al riposo delle molecole, è lo *zero assoluto*.

La forza viva media delle molecole è proporzionale alla *temperatura assoluta*, contata a partire da questo zero assoluto. A 0° centigradi (273° assoluti) la velocità media delle molecole d'ossigeno è di 462 metri al secondo; quella delle molecole d'idrogeno, di 1848 metri al secondo.

Ma non tutte le molecole sono animate dalla stessa velocità: siccome il loro numero è immenso, così se ne trovano sempre alcune che possiedono una velocità determinata, superiore o inferiore alla media.

Nella nostra atmosfera, tutte le molecole che negli strati esterni sono animate da una velocità di almeno 11.2 chilometri al secondo e si dirigono verso lo spazio, possono sfuggire all'attrazione della Terra — come una cometa che, arrivata in vicinanza del Sole, possiede una velocità sufficiente per involarsi lungi dal sistema solare.

I gas leggeri, che formano gli strati esterni, partono più facilmente dei gas pesanti. Infatti, il numero delle molecole animate da una velocità superiore agli 11.2 chilometri è tanto più grande, quanto più la velocità media d'agitazione è vicina a 11.2 chilom. Ora, quanto più i gas sono leggeri, tanto più la velocità media delle molecole è grande, cioè si avvicina a 11.2 chilom., e quindi tanto più numerose sono le molecole che possono sottrarsi all'attrazione terrestre.

Così, per ogni gas, deve stabilirsi un equilibrio quando la quantità di gas espulsa diviene eguale alla quantità prodotta nello stesso tempo. I gas che non si rinnovano sono fatalmente destinati a scomparire del tutto.

Tale effetto si produce tanto più rapidamente, quanto più debole è la gravità. Secondo Johnstone Stoney, è qui la ragione per la quale nè il pianeta Mercurio nè la Luna possiedono un'atmosfera. Nel Sole, invece, l'analisi spettroscopica rivela la presenza di notevoli quantità d'idrogeno e di *helium*; avviene anzi che i pianeti come la Terra gli forniscano dei gas, perchè alla distanza a cui ci troviamo dal Sole tutte le molecole la cui velocità è inferiore a 42 chilometri al secondo, si trovano nella sua sfera d'attrazione. Ma non è men vero che

il Sole, come tutti gli astri, perde delle molecole, e specialmente quelle d'idrogeno e di *helium*.

Così, i due elementi che partono per i primi sono per l'appunto quelli che appaiono nell'evoluzione della materia, e che, essendo i più semplici, sono forse i termini ultimi di tutte le trasformazioni. Dal punto di vista filosofico, è molto interessante rendersi conto per quale meccanismo i residui della degradazione fuggono dagli astri, e si sparpagliano nello spazio in cui devono essere destinati alla creazione di nuovi mondi.

La pressione di radiazione.

Così siamo tratti a estendere il dominio delle trasformazioni della materia e ad affrontare il problema dell'evoluzione dei mondi.

Abbiamo detto testè che le molecole dei gas fuggono a poco a poco dai corpi celesti. Ma non è in questa maniera soltanto che gli astri perdono della materia. Gli astri incandescenti, quali il Sole, devono espellere delle polveri tenuissime, e il loro irraggiamento può togliere della materia ai corpi che si trovano nelle loro vicinanze.

Tutti sanno che le code delle comete sembra che siano respinte dal Sole, e chiunque ha veduto un'eclissi totale di Sole, ha certamente notato la forma a raggi della corona solare. Questa forma fa pensare a una forza ripulsiva che rigetta lungi dal Sole delle particelle materiali; la corona emette uno spettro continuo, il che indica che essa contiene delle materie solide o liquide.

Fin dal 1746, Eulero aveva emesso l'opinione che le onde luminose esercitano una pressione sui corpi che esse vanno a colpire. Quest'idea fu da principio rigettata dalla maggior parte degli scienziati, ma dovette esser accettata quando Maxwell, e poi Bartoli, ebbero dimostrato che le radiazioni calorifiche e luminose devono esercitare delle pressioni (1873-1876). Tale pressione di radiazione fu constatata sperimentalmente e misurata da Lebedev, poi da Nichols e Hull. Essa ha per l'appunto il valore preveduto da Maxwell; alla superficie della Terra è di 4 milligrammi per metro quadrato, per i raggi solari che battono normalmente su una superficie annerita.

Arrhenius spiega con la pressione di radiazione la ripulsione delle code delle comete e l'esistenza dei raggi coronali. Egli ha calcolato che se le particelle non sono nè troppo grosse nè troppo piccole, la forza ripulsiva la vince sull'attrazione del Sole; per una sostanza avente la densità dell'acqua e perfettamente riflettente, l'effetto massimo si verifica se il grano ha un diametro di 16 centomillesimi di millimetro: la ripulsione esercitata dalla luce solare

deve allora essere dieci volte superiore all'attrazione del Sole.

E' sommamente probabile che, in virtù di questo meccanismo, tutti gli astri incandescenti rigettino nello spazio delle nubi di pulviscolo. Alcune di tali particelle devono essere elettrizzate: infatti, i gas delle atmosfere contengono degli *ioni liberi*, cioè dei centri carichi di elettricità positiva o negativa, formati sotto l'influenza di parecchie specie di radiazioni (in particolar modo, dalla luce ultravioletta). Numerose ricerche hanno dimostrato che i vapori si condensano intorno agli ioni; è dunque verosimile che ha materia cosmica spinta dalla luce contenga dei granellini elettrizzati formati in tale maniera.

Gli astri, dunque, perdono a poco a poco della materia, ma, in compenso, guadagnano dell'altra materia che vi arriva dagli spazi interplanetari. Un fatto oggi bene accertato è l'identità di sostanza fra le comete e le stelle filanti, come risulta dai lavori di Schiaparelli, Adams e Le Verrier. L'apparizione degli sciame di stelle filanti è periodica; si verifica nelle date in cui la Terra incrocia l'orbita delle comete osservate anticamente e oggi scomparse; questi sciame sono delle briciole staccatesi, lungo l'orbita, dalla cometa primitiva.

Le stelle filanti devono essere, come le comete, formate di una materia molto tenera, e anzi in massima parte gassosa; si riscaldano e s'inflammanno per attrito negli strati d'aria dell'alta atmosfera; svaniscono un momento dopo che sono apparse: devono spargere nell'atmosfera una pioggia di ceneri o di grani di densità minima.

I meteoriti.

Diversa è la natura dei *meteoriti*. Si chiamano così pietre che cadono dal cielo e che spesso, ma a torto, sono state confuse con le stelle filanti. A differenza di quanto avviene per queste ultime, i meteoriti non hanno alcuna periodicità; il loro numero non aumenta nei periodi in cui appaiono gli sciame di stelle filanti.

I meteoriti arrivano a terra sotto forma di bolidi spesso molto luminosi, e producono quasi sempre uno strepito formidabile. Essi portano al nostro pianeta un po' di materia e di calore.

Il tipo più comune è il meteorite petroso: aggregato di cristalli irregolari di peridoto e d'un pirosseno. Un altro tipo è formato da cristalli, egualmente irregolari, di lega di ferro e di nichelio.

I meteoriti si son formati a una temperatura relativamente poco elevata: non oltre il rosso oscuro, perchè essi si decompongono con la fusione.

Le loro dimensioni sono variabili. Ve ne sono di quelli che raggiungono i due metri di diametro. In America è stata anzi scoperta una cavità prodotta dalla caduta d'un meteorite il cui volume, a quanto si è calcolato, doveva essere superiore a un chilometro cubo.

Molto probabilmente, i meteoriti sono dei rottami di pianeti o di satelliti. Il prof. Stanislas Meunier è d'avviso che i meteoriti terrestri provengano da un anello di asteroidi che circonda la Terra ed è formato dai frammenti d'una Luna scomparsa. Questa è l'ipotesi più verosimile.

Di tempo in tempo possono arrivare sino a noi dei campioni della materia che ha appartenuto a pianeti d'un altro mondo. Infatti lo spazio dev'essere solcato dai resti di ogni specie dei mondi scomparsi. Daremo a questi resti il nome generale di meteoriti.

Le nebulose.

Si osserva nel cielo un buon numero di macchie debolmente luminose. Sono le nebulose; alcune hanno la forma di una spirale, altre quella di un fuso (Andromeda); altre ancora quella di un anello o di una sfera luminosa (nebulose planetarie). Infine esistono degli ammassi di materia senza forma e di dimensioni colossali (nebulosa di Orione).

Fra le nebulose, alcune presentano uno spettro continuo, con strie di assorbimento oscure sono degli ammassi di stelle; le altre hanno uno spettro di tipo gassoso, formato da linee luminose; sono queste le nebulose propriamente dette; e di esse ci occuperemo.

Le nebulose rappresentano, secondo Sir Norman Lockyer, il primo stadio dell'evoluzione dei meteoriti, cioè dei resti di astri che solcano gli spazi celesti. Sono prodotte da sciami sparsi di meteoriti in collisione: alle materie solide vengono ad aggiungersi i gas liberati dal calore sviluppato dagli urti. I gas disseminati nello spazio, fra i quali predominano l'idrogeno e l'*helium* sfuggiti dalle atmosfere degli astri, devono anch'essi partecipare a questa formazione.

Le nebulose sono estremamente fredde all'inizio della loro evoluzione: infatti, la materia è molto sparpagliata, le forze d'attrazione sono deboli e possono equilibrare la tendenza dei gas a disperdersi nello spazio solo nel caso che la temperatura sia molto bassa, sotto i 200° sotto zero. Alle temperature molto basse, l'assorbimento, cioè la facoltà di condensazione dei gas anche molto rarefatti, ha una parte capitale: i tenui pulviscoli cosmici si circondano dei gas che incontrano, e quando i granelli si ravvicinano, si trovano legati gli uni agli altri dai gas che hanno raccolto negli spazi celesti.

I pulviscoli elettrizzati emanati dalle stelle s'incontrano con i gas delle nebulose, e, nelle parti esterne, provocano delle scariche, fonti della luce che vediamo. Conviene notare che le temperature basse favoriscono tale emissione luminosa.

Le nebulose si condensano, perchè ciascun meteorite cade verso il centro di gravità della massa. Di mano in mano che si effettua la condensazione, la temperatura s'inalza, i corpi sono tutti ridotti allo stato gassoso. Poi il bombardamento meteorico cessa, per mancanza di materia; si è formata una stella o un sistema di stelle.

Il raffreddamento comincia, ma si compie con estrema lentezza, perchè la contrazione che trasforma in calore l'energia gravifica, le combinazioni chimiche, l'emissione dei corpi radioattivi, sono altrettante sorgenti di calore.

Il Sole.

Il nostro Sole si trova ancora in grado di fornire del calore per bilioni, forse trilioni d'anni, ma si raffredda a poco a poco; esso è irrimediabilmente condannato. La sua luce, bianca una volta, oggi giallastra, diventerà sempre più rossa, poi verrà un momento in cui una crosta solida oscurerà la sua superficie. Nessun essere vivente assisterà a questa decadenza, perchè tutti i pianeti del sistema solare saranno da gran tempo dei deserti ghiacciati.

Intanto però la crosta solida proteggerà l'interno del Sole: il raffreddamento sarà rallentato in misura notevole, e nella parte centrale dell'astro si manterrà una temperatura poco meno elevata dell'attuale (alcuni milioni di gradi). Il Sole oscuro, immenso serbatoio di calore e d'energia, viaggerà nello spazio. Forse, traversando un ammasso nebuloso e raccogliendo lungo il percorso la materia cosmica, entrerà in un mondo nuovo, forse urterà un Sole o un pianeta d'un altro sistema: allora dai frammenti dei due astri potrà nascere, secondo la teoria di Arrhenius, una nebulosa spiraleforme; forse, finalmente, dopo aver errato durante uno spazio di tempo incalcolabile, si raffredderà fin nelle sue parti più interne, si spezzerà in frammenti, e sparirà disseminando i suoi rottami nello spazio.

La composizione degli astri.

Dobbiamo vedere adesso quali siano gli elementi che compongono gli astri.

Per istudiare le nebulose e le stelle in diversi stadi della loro evoluzione, non esiste che un mezzo solo: l'analisi spettrale.

Le nebulose forniscono soprattutto le strie dell'idrogeno e dell'*helium*. Risultato che non può sorprenderci: questi gas sono disseminati

negli spazi celesti; sono i soli corpi che conservino lo stato gassoso alle temperature più basse; la loro debole densità li porta nelle regioni esterne degli ammassi cosmici. Ecco le ragioni del predominio dei loro spettri.

Si riscontrano anche delle strie che non sono state trovate in nessun'altra luce e sono state attribuite a una materia sconosciuta, il *nebulio*. Finalmente, gli spettri delle nebulose contengono talvolta delle strie di sostanze estratte dai meteoriti dal calore degli urti: strie d'idrocarburi, o, in piccola misura, strie di elementi metallici, che si trovano nei meteoriti.

La teoria di Lockyer.

Nella sua mirabile opera intitolata « L'Evoluzione inorganica » (*Inorganic Evolution*) Sir Norman Lockyer ha comparato gli spettri delle stelle a quelli che si possono ottenere dai vari elementi, e ha proposto una magnifica teoria dell'evoluzione. Ha mostrato in qual modo si trasformino gli spettri quando si passa dalla temperatura della fiamma a quella dell'arco elettrico, poi a quella, verosimilmente più alta, della scintilla condensata.

Secondo quest'illustre scienziato, certe strie spettrali (*enhanced lines* o *strie rinforzate*) sono una caratteristica delle più alte temperature, con le quali gli spettri si semplificano. L'insieme di queste strie rinforzate forma uno « spettro-tipo », con cui egli ha confrontato gli spettri delle stelle; e così ha potuto identificare un buon numero di strie stellari.

Nello stesso modo, e giovandosi anche dell'osservazione degli spettri continui che si estendono verso il violetto tanto più quanto più alta è la temperatura, il Lockyer è riuscito a classificare le stelle secondo la loro temperatura e a indicare nello stesso tempo le materie ch'esse contengono.

Si distinguono così due serie di stelle: la *serie ascendente*, costituita da nebulose in via di condensazione e di riscaldamento — e la *serie discendente*, formata da stelle che si vanno raffreddando.

Alla stessa temperatura, gli spettri degli elementi sono formati dalle stesse righe in entrambe le serie, ascendente e discendente; queste però si distinguono per l'aspetto delle righe, che nella serie ascendente sono più larghe per i metalli e più sottili per l'idrogeno. Tali effetti sono dovuti alla grandissima differenza nelle condizioni fisiche.

« Nelle stelle più calde, dice il Lockyer, abbiamo di fronte, generalmente e quasi esclusivamente, i gas idrogeno, *helium*, astero, e senza dubbio altri ancora sconosciuti. Alla temperatura immediatamente inferiore, questi gas sono sostituiti da metalli, nello stato in cui

questi si trovano nella più potente scintilla condensata dei nostri laboratori. A una temperatura più bassa ancora, i gas scompaiono completamente, e rimangono d'i metalli in uno stato analogo a quello prodotto dall'arco elettrico ».

Il Lockyer chiama *strie protometalliche* le strie dei metalli alle temperature più alte. Egli le considera dovute a dei *protometalli*, cioè a una forma più sottile di quella ottenuta nelle condizioni ordinarie. E' una constatazione molto interessante quella che, in certe stelle, lo spettro di solito tanto complicato del ferro si riduce ad alcune strie; sembra dunque che il vapore di ferro, in queste stelle, non sia identico a quello che noi conosciamo sulla Terra.

Man mano che il raffreddamento progredisce, appaiono, l'uno dopo l'altro, il protomagnesio, il protocalcio, poi alcuni metallici, il carbonio, l'azoto, l'ossigeno. Nelle stelle ancor più « evolute » troviamo del silicio, poi le forme primitive del manganese, del ferro, del rame, del titanio, ed è soltanto nelle stelle più fredde che ci troviamo dinanzi i caratteri ordinari dei metalli. In ciascuno stadio, con l'apparizione di certe forme nuove, scompaiono le forme vecchie.

Il fatto più notevole è che l'idrogeno e soprattutto l'*helium* spariscono gradualmente, man mano che gli altri elementi si manifestano, e questi nascono press'a poco nell'ordine dell'aumento dei rispettivi pesi atomici.

Sir Norman Lockyer ha basato su questi fatti la sua teoria della dissociazione. Alle temperature più alte, non soltanto i composti, ma anche gli elementi si dissociano e danno una materia sempre più sottile, che si riduce finalmente a una o due forme primitive: queste forme sarebbero l'idrogeno e l'*helium*. Inversamente, il raffreddamento presiede alla nascita dei vari elementi: *gli elementi più semplici appaiono per i primi*.

Critiche alla teoria del Lockyer.

Le idee del Lockyer sono state fatte segno a molte critiche. Riassumiamo le principali.

Molti fisici opinano che, nella ricerca della causa della variazione degli spettri, Lockyer abbia attribuito alla temperatura un'influenza troppo preponderante. Le strie rinforzate possono essere prodotte non da una temperatura altissima, ma da una grande caduta di potenziale, sia nella scintilla, sia nell'arco elettrico in cui queste strie si manifestano in vicinanza degli elettrodi. D'altra parte, se ci collochiamo soltanto dal punto di vista delle variazioni della temperatura, è difficile confrontare la temperatura della scintilla con quella dell'arco, e perfino di confrontare tra loro le tempera-

ture della zona centrale e dell'aureola d'una scintilla.

Se si tratta d'un gas, l'illuminazione non è un semplice effetto termico: essa è dovuta a varie radiazioni (raggi catodici, raggi-canalii, ecc.). Questi raggi concorrono in larga misura all'emissione luminosa dei gas nella scintilla.

Infine, il Lockyer ammette la disintegrazione dell'atomo per opera del calore; ora, gli esperimenti intrapresi per ricercare un'influenza delle variazioni di temperatura sull'evoluzione radioattiva, non hanno dato che risultati negativi.

Non ostante la parte di vero che vi è in queste critiche, le obiezioni riguardano più l'interpretazione di certi esperimenti di laboratorio, che l'insieme della teoria cosmica del Lockyer. Alcune di esse, d'altronde, peccano di esagerazione. Da alcuni importanti esperimenti del de Wetteville risulta che delle semplici variazioni di temperatura sembrano sufficienti per produrre delle differenze spettrali; il confronto, fatto per un gran numero di elementi, degli spettri di fiamma, d'arco e di scintilla, conduce a ravvicinare lo spettro del cono turchino (la parte più calda della fiamma) allo spettro della scintilla oscillante; nell'arco le strie più forti sono strie dello spettro della fiamma.

Così, senza dimenticare che l'influenza degli effetti elettrici è generalmente preponderante, bisogna riconoscere che certi risultati vengono ad appoggiare le idee del Lockyer, e che le strie spettrali e le loro modificazioni possono in molti casi avere un'origine puramente termica. D'altra parte, come una caduta di potenziale può produrre un'emissione di luce? Senza dubbio, dando ai centri elettrizzati (ioni) una velocità considerevole. Un'elevazione di temperatura grande a sufficienza potrebbe produrre il medesimo effetto.

L'obiezione tratta dall'indipendenza fra l'evoluzione degli elementi e la temperatura, non ha, a pensarci bene, che una portata limitata. Quando certi esperimenti sono negativi, bisogna guardarsi dal concludere troppo; se ancora nessuno è riuscito, negli stretti limiti degli esperimenti di laboratorio, a rilevare un'influenza della temperatura sui fenomeni radioattivi, non è per nulla provato che le temperature stellari siano incapaci di accelerare il processo radioattivo.

Aggiungeremo che alle temperature molto elevate le molecole posseggono delle velocità enormi, e si comprende che esse possano, con la violenza degli urti, spezzarsi e dissociarsi in elementi sempre più semplici.

Le idee del Lockyer sono state recentemente corroborate dai notevoli esperimenti di C. Nord-

mann, che, mercè un metodo fotometrico, è riuscito a valutare la temperatura delle stelle, e ha trovato dei risultati concordanti con la classificazione.

Quando si esamina nel suo complesso l'opera di Sir Norman Lockyer, si trova tra i fatti osservati e le vedute teoriche un'armonia così impressionante, che si è tratti a opinare che la teoria della dissociazione debba contenere una gran dose di verità.

La formazione di mondi nuovi.

I progressi della fisica moderna possono, a mio avviso, aiutarci a completare la teoria del Lockyer.

I gas rinvenuti nelle nebulose sono per gran parte quelli che provengono dalla degradazione della materia: abbiamo detto mercè quale meccanismo meraviglioso sono respinti verso lo spazio. Quegli stessi gas predominano nelle stelle più calde: pare che essi soli possano resistere alle temperature più elevate.

Se noi ricordiamo che l'*helium*, prodotto di disintegrazione dei corpi radioattivi, e l'idrogeno, il più semplice degli elementi, scompaiono man mano che gli astri si raffreddano, per cedere il posto ad elementi più complessi, siamo tratti, anche qui, a ritenere che, a misura che le stelle si condensano, si effettui un fenomeno contrario alla radioattività, che si compia un'evoluzione inversa alla degradazione, e che la formazione degli elementi prosiegua nell'interno dei pianeti sotto l'influenza delle pressioni formidabili che vi dominano.

I mondi invecchiano e gli elementi si degradano; ma, come la fenice della favola, l'universo rinasce dalle proprie ceneri. I residui della degradazione, unendosi ai frammenti cosmici di ogni specie, formano le nebulose e danno origine a mondi novelli. A poco a poco le stelle si raffreddano, gli elementi appaiono, poi viene l'ora d'una nuova degradazione.

Nella nostra ipotesi, *la formazione degli atomi assorbendo una parte dell'energia di gravitazione, ritarda la trasformazione di quest'energia in calore. L'energia immagazzinata è poi liberata lentamente durante l'evoluzione radioattiva.* La materia compie così l'ufficio di un volante che regola le trasformazioni dell'energia.

Notiamo che l'idrogeno e l'*helium* sono i corpi più leggeri, e i soli che restino gassosi fino a temperature estremamente basse (sotto una pressione molto debole, l'*helium* bolle a 1° assoluto). La forma sottile che prende la materia, quando la radioattività o altri fenomeni la fanno disintegrare è il mezzo di cui si serve la natura per isbarazzare i mondi dei residui della loro evoluzione e per ricominciare un ciclo nuovo.

In tal modo non vi è soluzione di continuità da un estremo all'altro dell'evoluzione generale della materia e dei mondi.

L'energia e le sue forme.

Ma quest'evoluzione è dessa eterna? le forze della natura non devono a poco a poco esaurirsi, l'universo non manifesta una tendenza al riposo? Tale il problema che ci rimane da esaminare brevemente.

Abbiamo pronunciato più volte la parola *energia*: voi avete certamente compreso che si tratta della possibilità di creare del lavoro.

Esistono varie forme di energia: l'energia meccanica (energia cinetica ed energia potenziale), l'energia chimica, l'energia elettrica... infine, l'energia calorifica. Uno dei principi fondamentali della fisica è quello della *conservazione dell'energia*. Quando, per esempio, vi è trasformazione di calore in lavoro meccanico, vi è proporzionalità tra il calore scomparso e l'energia prodotta.

Ma se l'energia non si perde mai quando si trasforma, non risulta da ciò che le sue varie forme abbiano lo stesso valore. Mi spiego con un esempio: l'energia d'un corpo in movimento può esser sempre, con l'attrito, trasformata completamente in calore; ma, inversamente, se si dispone di una certa quantità di calore, è impossibile trasformarlo completamente in lavoro meccanico.

Il calore è, adunque, una forma inferiore dell'energia - è un'energia di cattiva qualità. Perché?

Abbiamo già detto che le molecole dei corpi posseggono un movimento d'agitazione perpetua. L'energia calorifica è la forza viva di questo movimento, ed è proporzionale, come s'è veduto, alla temperatura assoluta. Ma i movimenti delle molecole si compiono in tutte le direzioni, a casaccio; il calore non ha *orientazione*. Ecco perchè si tratta di *energia degradata*. Le molecole di un corpo sono comparabili a una folla in cui gl'individui si dirigessero a caso e non riuscissero a far convergere i loro sforzi verso uno scopo determinato.

Si comprende pure perchè l'energia cerchi di prendere la forma di calore. Ciò avviene perchè il movimento disordinato è il movimento che ha le maggiori probabilità di prodursi.

Il principio di Carnot e Clausius.

L'impossibilità di trasformare integralmente il calore in lavoro e le conseguenze che ne derivano costituiscono il celebre *principio di Carnot e Clausius*. Questo principio può essere enunciato sotto varie forme. Si può dire: il calore non passa mai da sè da un corpo freddo a un corpo caldo. O anche: una macchina non

può produrre lavoro con una sola sorgente di calore. O infine: l'energia utilizzabile d'un sistema isolato decresce costantemente. Sofferamoci per un po' su quest'ultima forma.

Immaginiamo un sistema qualunque di corpi, di macchine... Quando il sistema si trasforma, ciascuna parte di ciascun corpo riceve o perde del calore. Se si divide, per ogni parte, la quantità di calore messa in giuoco, per la temperatura assoluta, si ottiene quella che si chiama la *variazione d'entropia*.

Si dimostra che in un sistema isolato che si trasforma, l'entropia tende verso un *maximum*, e che se si raggiunge questo *maximum*, l'energia utilizzabile si riduce a zero.

Consideriamo uno spazio isolato, che non permetta alcun accesso di calore dall'esterno, e da cui non possa uscire la minima quantità di calore. Collochiamo in questo spazio dei corpi, dei motori termici. Il calore passerà dai corpi più caldi ai corpi meno caldi, sino a che tutti arrivino a una stessa temperatura. In questo momento, in virtù del principio di Carnot, nessuna macchina potrà più funzionare. Sarà costituito l'equilibrio definitivo, stabile.

Tali principi di termodinamica sono applicabili all'universo?

Clausius ha risposto affermativamente. *L'energia dell'universo è costante, l'entropia tende verso un maximum*.

Ma se le idee di Clausius fossero esatte, da che il mondo esiste questa morte sarebbe già sopravvenuta, a meno che si ammetta che tutta l'energia esistente sia stata creata d'un tratto, il che sarebbe contrario al principio della conservazione dell'energia. Si arriva necessariamente a una contraddizione, che ci spinge a indagare se per avventura non vi siano dei casi in cui la legge di Clausius si trova in fallo.

E, prima di tutto, è possibile considerare l'universo, del quale non riusciamo a immaginare i limiti nè nello spazio, nè nel tempo, come uno di quei sistemi isolati concepiti dai matematici? Sollevare simili questioni è voler sorpassare i limiti dell'intelletto umano.

D'altra parte il principio di Carnot e Clausius non è una verità matematica. Esso non è che un principio di massima probabilità, e non vale se non quando si consideri il calore come un movimento *infinitamente* disordinato. Chi dunque sarebbe tanto temerario da osar di sostenere che l'evoluzione dell'universo è diretta verso la produzione della massima irregolarità?

D'altronde, è possibile trovar delle eccezioni al principio dell'energia.

Maxwell ha immaginato un caso di tal genere. Supponiamo che un recipiente sia diviso in due parti da un tramezzo. Da una parte e dall'altra si trova uno stesso gas, alla stessa

pressione e alla stessa temperatura. Nel mezzo esistono dei fori grandi abbastanza da lasciar passare ad una ad una le molecole. Ciascun foro si suppone sorvegliato da un piccolo essere intelligente (un demone, per usare l'espressione di Maxwell). Questi « demoni » lasciano passare in un senso tutte le molecole animate da una velocità superiore alla media e sbarrano la strada alle molecole meno veloci: invece, nel senso opposto, non aprono la porta che alle molecole più lente. Uno degli scompartmenti si riscalda in maniera continua a spese dell'altro, che si raffredda, il che è contrario al principio di Carnot.

E' vero che i « demoni » di Maxwell non esistono in natura; però essi sono sostituiti dalle forze di gravitazione, che compiono una funzione simile sceverando le molecole di diversa velocità. Per esempio, una molecola che lascia l'atmosfera terrestre con una velocità di 40 chilometri al secondo, potrà esser catturata dal Sole ed elevare la temperatura della sua atmosfera: vi sarà dunque scambio di calore in senso contrario alla caduta di temperatura.

Secondo Arrhenius, la condensazione delle nebulose è accompagnata da una diminuzione costante dell'entropia, e, per conseguenza, da una rigenerazione dell'energia utilizzabile.

« Lane ha provato che la temperatura d'una nebulosa come quella che abbiamo considerata [massa gassosa molto estesa e di debole densità] aumenta, se a causa della perdita di calore essa si restringe e si condensa. Se invece le giunge del calore da una sorgente esterna, essa si dilaterà e la sua temperatura diminuirà. E' probabile che un astro di tale specie perda del calore ed aumenti gradualmente di temperatura, fino a trasformarsi in una stella avente da principio una forte atmosfera d'*helium* e d'idrogeno, come nelle stelle più giovani, a luce bianca...

« Noi troviamo nelle parti fredde gassose, diluite delle nebulose, l'elemento del meccanismo dell'universo, che fa equilibrio alla prodigalità dei Soli nella loro perdita di materia, e, più ancora, di forza. I pulviscoli avventizi assorbono la radiazione solare e abbandonano il loro calore a queste molecole gassose isolate, contro le quali vengono ad urtare. Quest'assorbimento di calore fa dilatare la massa tutta intera, che si raffredda. Le molecole più cariche d'energia si allontanano, e sono sostituite da altre provenienti dalla parte interna, più densa, della nebulosa, che si raffreddano a loro volta.

« E' così che ogni raggio calorifico proveniente da un Sole è assorbito, e che l'energia ch'esso trasporta è trasmessa, mercè gli elementi gassosi della nebulosa, ai Soli in via di formazione, vicini alla nebulosa o compresi in quest'ultima.

Essa si condensa sui centri di attrazione già trattenuti dalla nebulosa, o sui resti dei corpi che, col loro incontro, hanno cagionato la formazione di questa. Il freddo intenso che regna in queste regioni permette alla materia di agglomerarsi di nuovo... E' probabile che, per la prima agglomerazione, la parte più importante è sostenuta dalle forze capillari che si eserciteranno causa la presenza dei gas condensati alla superficie dei grani di pulviscolo, e non dalla gravitazione. Del pari, l'energia può concentrarsi contrariamente alla legge dell'aumento continuo dell'entropia ». (S. Arrhenius *L'évolution des Mondes*).

Questo processo deve continuare fino a un'epoca abbastanza vicina a quella del massimo di temperatura. Poi comincia la degradazione dell'energia.

Un ciclo perpetuo.

Degradazione della materia e degradazione dell'energia: tali sono i fenomeni rilevati alla superficie del nostro vecchio pianeta, è questa la fase dell'evoluzione che è la causa della decrepitezza dei pianeti.

Ma l'idrogeno e l'*helium*, che sono usciti dalla materia disintegrata, sfuggono a poco a poco dalle atmosfere. Questa lenta evaporazione riconduce negli spazi celesti la materia primitiva. Condensandosi sui frammenti d'astri morti e sui pulviscoli espulsi dalle radiazioni di tutti i Soli dell'universo, la materia primordiale forma le nebulose, che si trasformano in stelle. Questo processo dev'essere accompagnato da una rigenerazione dell'energia, che riprende una forma superiore, quella di energia di gravitazione.

Le stelle non hanno che un periodo limitato di splendore; esse si raffreddano e da quel momento l'energia si degrada. La nascita degli elementi, più tardiva di quella delle stelle, avviene soltanto durante questa fase; essa rappresenta un progresso, ma è anche un prodromo di vecchiaia; gli esseri viventi appaiono molto più tardi, durante la fase planetaria. La materia si degrada alla sua volta, e la decadenza dei pianeti continua; alcuni acquistano una vita novella penetrando in un altro mondo; altri finiscono per urtare con un astro; altri infine, sfuggiti a una fine violenta, muoiono di vecchiaia, come la nostra Luna, per evaporazione della materia disintegrata, e dando origine, per frammentazione, a quei rottami che chiamiamo meteoriti.

Ma se i mondi muoiono, io fanno sempre per cedere il posto a mondi nuovi. Così l'evoluzione dell'energia, della materia e dei mondi acquista la possibilità di percorrere un ciclo *perpetuo*, un ciclo nel quale non vediamo nè principio nè fine.

LIBRI NUOVI E D'OCCASIONE

che offriamo in vendita agli abbonati di questo periodico con una notevole riduzione di prezzo.

(Di molte di queste opere non esiste che una copia: coloro, dunque, che le desiderano, vogliano scrivere con sollecitudine).

Spedite commissioni e vaglia alla Società Editrice Laziale - Roma, Via Cicerone, 56.

NB. — Fra parentesi è indicato il prezzo di catalogo, in fuori il prezzo ridotto, comprese le spese di porto.

- BÜCHNER GEORGES: *La mort de Danton* (Drame); pag. 422. Westhauser, Paris, 1889 (L. 3.50) L. 1.80
 BÜCHNER LOUIS: *Force et matière*; pag. 576. Loescher, Torino, 1884, mezza pelle, con ritratto L. 2.20
 — *La vie psychique des bêtes*; pag. 516. Reinwald, Paris, 1881, con illustrazioni (L. 7) L. 2.20
 BULWER LYTTON: *Essai sur Talleyrand*; pag. 412. Reinwald, Paris, 1868 (L. 5) L. 2.60
 BULWER E. L.: *Les derniers jours de Pompéi*; vol. 2, pag. 960. De Fourmies, Paris, 1834, mezza pelle L. 5.60
 — *Rienzi, l'ultimo dei Tribuni Romani*; pag. 628. Simonetti, Milano, 1873, mezza pelle con dorature (L. 5) L. 3 —
 BUONANNO E.: *Manuale dell'elettore politico*; pag. 183. Voghera, nuovo (L. 2) L. 0.80
 BUONFANTI GIACOPO: *Della istruzione dei processi criminali in Toscana*; pag. 493-15. Baccelli, Lucca, 1850, mezza pelle con fregi oro L. 1.10

- BUSSETTO dott. N.: *Carlo De' Dottori letter. padovano del sec. XVII*; pagine 405. Lapi, 1902, nuovo (L. 4.00) L. 1.40
 CAIVANO TOMMASO: *Storia della guerra d'Arsicourt tra il Chi. e la Bolivia*. Loescher, Torino, 1882, 2 vol. con 1 carta geogr. (L. 12) L. 3.60
 CALA D'ULLOA P. R.: *Lettres d'un ministre émigré*. Olive, Marseille, 1870 (L. 6) L. 2.80
 CALDERARI G. G.: *Poesie diverse*; pag. 458. Tip. Pontificia S. Giuseppe, Milano, 1891 (L. 1.00) L. 0.35
 CALENDI DI TAVANI ANDREA: *O tempora o mores! Sempre gli stessi* (Racconto), pag. 497. Angora Angelo, Nocera Inferiore, 1898 (L. 2.50) L. 1.40
 — *Tre famiglie del Napoletano nel secolo che muore*; pag. VII-254. Vecchi V., Trani, 1898 L. 0.90
 CALISSE CARLO: *Storia del Parlamento in Sicilia*; pag. 372. Unione Tip. Edit. Torino, 1887 (L. 8) L. 3.60
 CALZI C.: *Popolo inglese e cattolicesimo*; pag. 270. Ricordati, Correggio, 1896 L. 0.60
 CAMPBELL ARABELLA G.: *La vita di fra Paolo Sarpi*; pag. 318. Loescher, Torino, 1875 (L. 3) L. 1.60
 CAMPERIO cap. MANFREDO: *Da Assab a Dogali* (Guerre abissine); pag. 128 (con una carta geogr.). Dumolard, Milano, 1887 (L. 2.50) L. 1.30
 CANIS: *Histoire de la République française depuis 1870 jusqu'en 1883*; pag. 317. Ghio A., Paris, 1884 (L. 3.50) L. 1.50
 CANNING GEORGE: *Recueil des discours prononcés au Parlement d'Angleterre*; vol. 2, pag. 463-472 (con ritratto). Teurè, Paris, 1832, tela con lettere in oro L. 2.50
 CANOFARI FRANCESCO: *Commentario sulla parte seconda del Codice per lo Regno delle Due Sicilie*; pag. 1170, vol. 3 in 1, mezza pelle con lettere in oro. Trani, Napoli L. 1.60
 CANTU' CESARE: *Margherita Pusterla*; pagine 535, con illustrazioni (L. 8) L. 2.70
 — *Storia della letteratura Greca*; pag. 547. Le Monnier, Firenze, 1863 (L. 4) L. 1.60

(Continua).

DMITRI MEREJKOWSKI

PIETRO IL GRANDE

Romanzo

Pagg. VIII-512 — L. 2

Questo nuovo lavoro dell'illustre romanziere russo — già celebre per il *Leonardo da Vinci* e altri romanzi storici — mentre è una grandiosa dipintura di scene storiche, può dirsi al tempo stesso un romanzo di attualità. La Russia, quasi immobilizzata nelle sue forme autoeratiche, non è molto cambiata, nel fondo dell'anima sua, da quella che la fece Pietro il Grande.

E' impossibile descrivere in poche parole la serie di grandiosi quadri, a tratti larghi e poderosi, coi quali il Merejkowski ci rappresenta la vita russa in uno dei suoi periodi più caratteristici e più fatali. Vi campeggia l'eroica figura di Pietro il Grande: grande nella sua determinazione di voler fare dei suoi tartari e dei suoi russi, ancora a mezzo, anzi più che a mezzo, sprofondati nell'indifferentismo e nell'ignavia orientale, un popolo occidentale attivo, energico, civile; grande nella sua eroica persistenza, nel valore guerriero, nella vastità dei progetti, nella sua multiforme, immensa, inverosimile attività; ma barbaro in fondo, anche lui come il più barbaro dei suoi tartari: violento, manesco, ubbriacone, brutale.

Di fronte a lui sorge, quasi dicevamo trema, la figura dello czarevich Alessio, pallida figura, debole, incerta, tentennante fra alte, ma vaghe aspirazioni da una parte, e le brutali tentazioni della nativa barbarie dall'altra.

Nessun romanzo presenta così vivamente il contrasto di due figure, così stranamente diverse, di padre e figlio.

Intorno a questi, l'alto clero, la burocrazia, la corte, l'imperatrice regnante e quelle spodestate, i furbi e gli ingenui, gli scettici e gli esaltati, le manie della superstizione accanto a vaghi tentativi di sedizione, e tutto un fermento di popolo, ancora massa incosciente, che si agita e si dimena sotto il ferreo giogo di Pietro, che lo vuole spingere alla civiltà con qualunque mezzo, con la frusta, con lo *knut*, col patibolo e coi ferri roventi.

ROMA — Società Editrice Laziale — ROMA.

GOTTFRIED KELLER

ENRICO IL VERDE

(N. 20 della Biblioteca della Rivista MINERVA)

Romanzo biografico.

Versione italiana dalla 29ª edizione originale

Pagine IV-363 — L. 3

Gottfried Keller è a buon diritto considerato, fra i romanzieri della Germania e della Svizzera tedesca, come un classico.

L'arte sua non appartiene al genere « sensazionale »; è calma, limpida, profonda. E, senza dubbio, i suoi pregi debbono essere grandi se un romanzo, tutto di genere intimo e psicologico, come l'*Enrico il Verde*, ha potuto giungere alla VENTINOVESIMA EDIZIONE.

Uno sfondo mirabile di paesaggi svizzeri e di città germaniche, una pittura della vita caratteristica di questi luoghi, e la narrazione vibrante e veritiera della propria esistenza fatta da un artista pittore, poeta e romanziere tra i più meritamente noti della Germania: ecco in due parole la presentazione di *Enrico il Verde*, il romanzo di Gottfried Keller che offriamo ai nostri lettori. Una narrazione fatta con quel finissimo sentimento della nature che è proprio solamente di alcuni privilegiati, una serie di avventure non superficiali, ma intime e profondamente vissute di un'esistenza da *bohème*, un'efficacia e una potenza di scrittore che dà parvenza di vita, anzi vita alle cose di cui parla, giustificano la fama alla quale il Keller è salito nella sua patria.

Digitized by Google
Società Editrice Laziale — ROMA.